

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-162137

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/70

3 3 0 Z

// G 0 1 C 15/00

G 0 1 C 15/00

A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平8-324120

(22) 出願日

平成 8 年(1996) 12月 4 日

(71) 出願人 000003687

東京電力株式会社

東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 3 号

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 田村 尉

東京都千代田区内幸町一丁目 1 番 3 号 東京電力株式会社内

(72) 発明者 岡本 恭一

大阪府大阪市北区大淀中 1 丁目 1 番30号  
株式会社東芝関西支社内

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外 6 名)

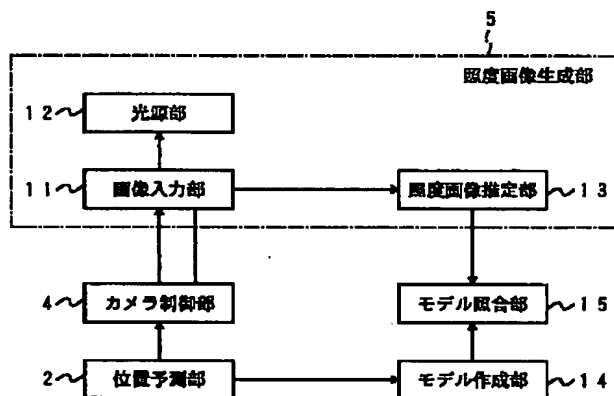
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物体認識装置及び物体認識方法

(57) 【要約】

【課題】屋外環境において、認識対象物体の明度分布が変化があっても物体認識を可能にすること。

【解決手段】撮像手段により得た画像中に含まれる所望の認識対象物を認識するための認識装置において、前記撮像手段の近傍に配されて前記認識対象物を照明するオン・オフ制御可能な光源12と、前記光源からの光を前記認識対象物に照射した画像とこの照明光を照射しない画像を前記撮像手段から得る画像入力手段11と、これら画像の差成分を求めて照度画像を得る手段13と、認識対象物の照度分布モデルを作成する手段14と、照度画像との照合を、照度分布モデルの姿勢を所定の条件の範囲内で変えながら行って画像中における前記認識対象物を検知するモデル照合手段15とより構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】撮像手段により得た画像中に含まれる所望の認識対象物を認識するための認識装置において、前記撮像手段の近傍に配されて前記認識対象物を照明するオン・オフ制御可能な光源と、前記光源からの光を前記認識対象物に照射した画像とこの照明光を照射しない画像を前記撮像手段から得る画像入力手段と、これら画像の差成分を求めて照度画像を得る手段と、認識対象物の照度分布モデルを作成する手段と、照度画像との照合を、照度分布モデルの姿勢を所定の条件の範囲内で変えながら行って画像中における前記認識対象物を検知するモデル照合手段と、を備えることを特徴とする物体認識装置。

【請求項2】撮像手段により得た画像中に含まれる所望の認識対象物を認識するための認識装置において、前記撮像手段の近傍に配されて前記認識対象物を照明するオン・オフ制御可能な光源と、前記光源からの光を前記認識対象物に照射した画像とこの照明光を照射しない画像を前記撮像手段から得る画像入力手段と、これら画像の差成分を求めて照度画像を得ると共に前記撮像手段の持つ照度誤差を反映させた照度誤差画像を得る手段と、認識対象物の照度分布モデルを作成する手段と、前記照度画像との照合を、前記照度誤差画像の示す誤差範囲を許容範囲としつつ、照度分布モデルの姿勢を所定の条件の範囲内で変えながら実施することにより画像中における前記認識対象物を検知するモデル照合手段と、を備えることを特徴とする物体認識装置。

【請求項3】撮像手段により得た画像中に含まれる所望の認識対象物を認識するための認識方法において、前記認識対象物の照度分布モデルを作成し、また、前記撮像手段の近傍に光源を配して、この光源より前記認識対象物を照明したときの画像と、照明しないときの画像を前記撮像手段から得、得られた両画像の差成分を求めて照度画像を得ると共に、前記照度分布モデルと前記照度画像との照合を、前記照度分布モデルの姿勢を所定の条件の範囲内で変えながら行って画像中における前記認識対象物を検知することを特徴とする物体認識方法。

【請求項4】撮像手段により得た画像中に含まれる所望の認識対象物を認識するための認識方法において、前記認識対象物の照度分布モデルを作成し、また、前記撮像手段の近傍に光源を配して、この光源より前記認識対象物を照明したときの画像と、照明しないときの画像を前記撮像手段から得、これら画像の差成分を求めて照度画像を得ると共に前記撮像手段の持つ照度誤差を反映させた照度誤差画像を得、前記照度分布モデルと前記照度画像との照合を、前記照度誤差画像の示す誤差範囲を許容範囲としつつ、照度分布モデルの姿勢を所定の条件

の範囲内で変えながら行って前記画像中における前記認識対象物を検知することを特徴とする物体認識方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はロボットが自律作業を行うために必要な物体の認識を行うための物体認識装置及び物体認識方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】危険を伴う作業を、人手に代わって行う作業用ロボットが種々実現されている。例えば、電柱上での碍子交換といった器材交換などの比較的簡単な作業をロボットで試みるといった具合である。

【0003】ところで、作業用ロボットが自律作業を行うためには、ロボットが作業対象物を認識することが必要になる。つまり、目の役割を果たす機能が必要となる。このための技術としては、例えば、特願昭63-186952号“物体認識装置”に示される如きのものが提案されている。この技術は、ロボットにテレビカメラを搭載し、このカメラにて得た画像から作業対象物を認識するという手法であり、具体的には、エッジ抽出処理によって得たエッジ情報を用いて物体を認識するという手法ある。

【0004】しかし、この手法を屋外環境で作業するロボットに適用した場合、問題が多い。すなわち、電柱上での作業は屋外環境での作業である。そして、屋外環境では、太陽光による照明の方向や強度等の照明条件が天候や時刻によって変化する。そのため、エッジ抽出処理によって抽出するエッジの強度が照明条件によって変化する。したがって、エッジ抽出処理によって得たエッジ情報を用いて物体を認識するという手法では、利用対象が屋外環境の場合、安定した動作が望めない。

【0005】また、碍子のように、認識対象物が曲面で構成されている場合、物体表面の明度分布は一定ではない。このような認識対象物においては表面が平らなものに比べて認識が難しいが、このような問題を解決する手段として、例えば、“Segmentation Through Variable-Order Surface Fitting” Paul. J. Besl Ramesh C. Jain IEEE Proceedings of Pattern Analysis and Machine Intelligence Vol. 10-2, pp. 167-192, 1988, で示される手法が提案されている。ここに提案されている手法においては、画像を明度分布を平面や2次曲面で近似することのできる小領域に分割している。

【0006】そして、屋内環境を想定した場合は、照明光は認識対象物を識別し易い位置に配置するなどして照明光の位置を固定することができるため、このような手法を用いることが出来るが、屋外環境では利用できない。つまり、屋外環境では天候や時刻で照明条件が変動し、認識対象物の明度分布は照明光の向きによって変動するため、明度分布が平面や2次曲面で近似できる領域として認識対象物を単純に識別することはできないため

である。

【0007】また、屋外環境では、認識対象物を照明する光源となる太陽が、上方にあることが多いため、周囲の物体の影が認識対象物に映り込むことによって認識対象物の画像中に明度差が生じる。これによっても認識対象物を明度分布によって識別することは困難になる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】自律的に作業する作業用ロボットを実現するためには、目となる機能が必要であり、そのための技術としては物体認識技術があるが、上述のように、従来の物体認識技術を屋外環境に適用する場合に、エッジ抽出処理ではエッジ抽出結果が不安定であり、また、領域分割処理では、屋外環境での照明条件の変化によって認識対象物体の明度分布が変化するため認識対象物を領域として識別することは難しいという問題があった。

【0009】従って、屋外環境での使用に耐え得る物体認識技術の早急な開発が囑望されている。そこで、この発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、屋外環境に適した物体認識が可能な物体認識装置及び物体認識方法を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は次のように構成する。すなわち、撮像手段により得た画像中に含まれる所望の認識対象物を認識するための認識装置において、前記撮像手段の近傍に配されて前記認識対象物を照明するオン・オフ制御可能な光源と、前記光源からの光を前記認識対象物に照射した画像とこの照明光を照射しない画像を前記撮像手段から得る画像入力手段と、これら画像の差成分を求めて照度画像を得る手段と、認識対象物の照度分布モデルを作成する手段と、照度画像との照合を、照度分布モデルの姿勢を所定の条件の範囲内で変えながら行って画像中における前記認識対象物を検知するモデル照合手段とより構成する。

【0011】このような構成によれば、所望の認識対象物の照度分布モデルを作成し、また、前記撮像手段の近傍に光源を配して、この光源より前記認識対象物を照明したときの画像と、照明しないときの画像を前記撮像手段から得、得られた両画像の差成分を求めて照度画像を得ると共に、前記照度分布モデルと前記照度画像との照合を、前記照度分布モデルの姿勢を所定の条件の範囲内で変えながら行って画像中における前記認識対象物を検知する。

【0012】また、本発明は撮像手段により得た画像中に含まれる所望の認識対象物を認識するための認識装置において、前記撮像手段の近傍に配されて前記認識対象物を照明するオン・オフ制御可能な光源と、前記光源からの光を前記認識対象物に照射した画像とこの照明光を照射しない画像を前記撮像手段から得る画像入力手段

と、これら画像の差成分を求めて照度画像を得ると共に前記撮像手段の持つ照度誤差を反映させた照度誤差画像を得る手段と、認識対象物の照度分布モデルを作成する手段と、前記照度画像との照合を、前記照度誤差画像の示す誤差範囲を許容範囲としつつ、照度分布モデルの姿勢を所定の条件の範囲内で変えながら実施することにより画像中における前記認識対象物を検知するモデル照合手段とを備えることを特徴とする。

【0013】このような構成によれば、所望の認識対象物の照度分布モデルを作成し、また、前記撮像手段の近傍に光源を配して、この光源より前記認識対象物を照明したときの画像と、照明しないときの画像を前記撮像手段から得、これら画像の差成分を求めて照度画像を得ると共に前記撮像手段の持つ照度誤差を反映させた照度誤差画像を得、前記照度分布モデルと前記照度画像との照合を、前記照度誤差画像の示す誤差範囲を許容範囲としつつ、照度分布モデルの姿勢を所定の条件の範囲内で変えながら行って前記画像中における前記認識対象物を検知する。

【0014】本発明では、照明を当てて撮影した画像と、無照明の画像とを得て、これより得られた画像における各画素の値が、認識対象物を撮影したカメラの撮像素子に入射する光の照度を表すような画像とした照度画像を用意するとともに、照度の推定誤差を表す照度誤差画像を用意し、認識対象物の照度分布モデルと前記照度画像を、照度誤差画像で予測された誤差で重みづけして照合を行うことによって、強力な光源を使用せずにモデルと照度画像との照合を行い、認識対象物の位置や姿勢を高精度に検出することができるようにした。

【0015】とくに、屋外環境下において認識対象物を認識する場合に、当該認識対象物を照らす太陽が、上方にあることが多いため、周囲の物体の影が認識対象物に映り込むことによって認識対象物の画像中に明度差が生じて認識対象物を明度分布により識別できなくなる問題を、用意した光源で照明光を当てたときに得た画像と、用意した光源で照明しないときに得た画像との差をとり、照度画像として得て利用するようにしたので、このような太陽光による周囲の影などの影響を排除することができ、従って、屋外環境においても認識対象物の位置や姿勢を高精度に検出することができるようにした物体認識装置及び物体認識方法を提供することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明は、認識対象物に光を照射する光源部と、この光源部で照明を行った場合の画像と照明を行わない場合の画像の2つの画像を入力する画像入力部と、この画像入力部から得た2つの画像から、各画素の値が画像入力部に入射する光の照度を現す照明光画像を推定し、推定結果である照度画像と撮像系における画素毎の照度の推定誤差を表す照度誤差画像の2種類の画像を生成して出力する照度画像推定部と、認識対象

物の照度分布モデルを作成する照度分布モデルと、認識対象物の照度分布モデルと照度画像、照度誤差画像を照合するモデル照合部から構成されるものであって、本発明の具体例の詳細を以下、図面を参照して説明する。

【0017】図1は本発明に関わる物体認識装置の構成例を示したブロック図である。図1において、2は位置予測部、4はカメラ制御部、5は照度画像生成部、11は画像入力部、12は光源部、13は照度画像推定部、14はモデル作成部、15はモデル照合部である。照度画像生成部5は、画像入力部11、光源部12、照度画像推定部13より構成されている。

【0018】これらのうち、位置予測部2は位置関係データベースを有しており、認識対象物を含む複数の対象物間の位置関係について、作業の前から既知である情報をこの位置関係データベースに保持すると共に、この位置関係データベースの保持内容と、先に認識した他の認識対象物の位置情報、ロボットの位置情報、オペレータが与えた認識対象物の位置情報等を用いて認識対象物の3次元位置を求めるものである。

【0019】また、カメラ制御部4は、上記位置予測部2が計算した認識対象物の3次元位置と、画像入力部11から受け取ったカメラの位置姿勢情報とズームレンズのズーム率やその誤差範囲から、認識対象物が一定確率以上でTVカメラの画像の中央に写るようにカメラの位置姿勢、レンズのズーム率にカメラを制御するものである。

【0020】照度画像生成部5は、照明を与えた場合の認識対象物の画像と無照明時での認識対象物の画像との差分の画像と照度誤差画像とを得る装置であり、画像入力部11と光源部12、照度画像推定部13から構成される。画像入力部11は撮像手段としてのTVカメラと、画像をデジタルデータ化するためのA/D変換器を有し、照度画像推定部13からの撮影タイミング信号に同期してTVカメラで認識対象物を撮影し、撮影した画像をA/D変換器でデジタル化して照度画像推定部13に出力するものである。また、この画像入力部11には自己の有するTVカメラの位置姿勢情報やズームレンズのズーム率などの情報を出力する機能を有する。また、光源部12は、認識対象物を照明する光源であって、画像入力部11の近傍に配置されており、照度画像推定部13から与えられる指示情報に従って照明のオンオフ制御が成される構成である。

【0021】照度画像推定部13は、画像入力部11から入力された画像を用いて差分処理を行なうものであり、光源部12を点灯させたときの画像と、消灯したときの画像との差を求めるためのものである。光源部12を点灯させたときの画像と、消灯したときの画像を得るために、照度画像推定部13には光源部12に対するオン/オフの制御信号と、画像入力部11に対する撮影タイミング信号を発生する機能を持たせてある。また、照

度画像推定部13は照度誤差画像を求める。

【0022】モデル作成部14はモデル画像を作成するものであって、位置予測部2から入力された認識対象物とカメラの位置関係から、画像に投影された認識対象物の照度分布モデルを作成するものである。また、モデル照合部15は照度画像推定部13で処理した照度画像と照度誤差画像を元に、この画像とモデル作成部14で作成したモデルを画像と照合することによって認識対象物の位置を検出する機能を有するものである。

【0023】次に、このような構成の本装置の作用を説明する。画像入力部11は、照度画像推定部13から入力された撮影タイミング信号に同期してTVカメラ（ビデオカメラ）で認識対象物を撮影し、撮影した画像をデジタル化して照度画像推定部13に入力する。撮影タイミング信号は、光源部12のオン/オフのタイミングに合わせる。

【0024】なお、この画像入力部11は、TVカメラの姿勢操作を可能にするために、姿勢操作機構である駆動装置の上に搭載されており、この駆動装置から得られるカメラの位置姿勢情報や、TVカメラの有するズームレンズのズーム率を計測して位置予測部2に出力する。そして、位置予測部2は認識対象物の3次元位置を計算し、カメラ制御部4は、上記位置予測部2が計算した認識対象物の3次元位置と、画像入力部11から入力された当該画像入力部11の持つTVカメラの位置姿勢情報とズームレンズのズーム率やその誤差範囲から、認識対象物が一定確率以上でTVカメラの画像の中央に写るようにカメラの位置姿勢、レンズのズーム率にTVカメラを制御する制御出力を発生し、画像入力部11に与える。

【0025】従って、認識対象物が一定確率以上で画面の中央に写るようにTVカメラの姿勢が保たれる。一方、認識対象物を照明する光源である光源部12は、画像入力部11の近傍に配置されており、照度画像推定部13から与えられる指示情報によって照明のオンオフ制御を行い、照明光の点灯/消灯をする。照明光の点灯/消灯制御と、TVカメラの撮影タイミング信号の発生は、同期させてあり、従って、TVカメラは、照明光を当てたときと、当てない時の認識対象物の画像を撮像することができることになる。

【0026】このようにして画像入力部11から照度画像推定部13には、照明光を当てたときと、当てない時の認識対象物の画像が入力されることになる。位置予測部2には、上述したように画像入力部11からTVカメラの位置姿勢情報や、TVカメラの有するズームレンズのズーム率が入力されている。そして、位置予測部2はこれらの情報と位置関係データなどを用いて認識対象物の3次元位置の計算する。

【0027】すなわち、位置予測部2には位置関係データベースがあり、この位置関係データベースには認識対

象物を含む複数の対象物間の位置関係について、作業の前から既知である情報を予め保存してある。そして、位置予測部2はこの位置関係データメモリの保存内容と、先に認識した他の対象物の位置情報、ロボット（本発明の画像認識装置を搭載した自律作業ロボット）の位置情報、当該ロボットに対するオペレータが与えた認識対象物の位置情報等を用いて認識対象物の3次元位置の計算をする。

【0028】この計算結果はカメラ制御部4に送られる。そして、カメラ制御部4はこれをもとに画像入力部11の持つTVカメラの位置姿勢を制御する信号を生成して制御することになる。この制御内容は、当該TVカメラで撮影した画像に、認識対象物が必ず入るように、TVカメラの位置姿勢を制御するということである。

【0029】また、位置予測部2は予測した認識対象物の3次元位置とTVカメラの位置姿勢情報から、TVカメラで撮影した認識対象物の、画像中での位置姿勢についても予測位置姿勢と存在範囲の情報としてモデル照合部15に与える。

【0030】モデル作成部14では、位置予測部2から入力された認識対象物の位置情報およびカメラの位置情報とからそれらの関係を反映させた状態での、画像（画面）に投影された状態の認識対象物の照度分布モデルを作成する。

【0031】モデル作成部14での認識対象物の照度分布モデル作成処理は、次の如きである。

<モデル作成部14による照度分布モデル作成処理>電柱上の碍子やケーブルを認識する場合、これら碍子やケ

$$F^2 x^2 - 2 F r x [\cos(\tau) + r^2] + F^2 r^2 \sin^2(\tau) = F^2 r^2 \sin^2(\tau) \quad \dots (1)$$

上記の式をIについて解くと、

$$I(x) = \frac{F}{r} (\cos(\tau) x \pm \sin(\tau) \sqrt{r^2 - x^2}) \quad \dots (2)$$

が得られる。

【0036】図3は、このようにして求めた円柱OBの断面方向の理想的なプロファイルである。図3に示される“90”、“45”、“30”、“-30”、“-45”といった数値は、円柱OBに対する照明光の入射方向 $\tau$ を角度単位で表したものであって、照明の方向が変わった時の断面方向に沿った明度分布を表している。図3における横軸は、円柱断面方向の座標を円柱半径 $r$ との比で表したものの、縦軸は照度を比で表したものである。

【0037】このうち、“90”は円柱OBの正面から光が入射している状態、“-30”、“-45”のようにマイナス符号を付した数値はTVカメラから見て円柱OBの後ろ側から光が入射している状態を示す。現実には、光の反射にはマイナスの成分はないので、計算した2次式のうち正の成分だけが円柱表面の照度になる。ま

ーブルはほぼ円柱形状の構造物と見做すことができる。従ってここでは、円柱形状で構成された認識対象物体に対する照度分布モデルについて示しておく。

【0032】まず、対象とする円柱の表面の反射状態は、乱反射のみと仮定して、円形断面を持つ形状がどのような照度分布を持つかを考える。一般的に、物体表面の反射には乱反射以外に、正反射もあるが、物体表面は塗装やゴムの被覆等で覆われており、正反射成分は乱反射成分に比べて無視できると考えられるからである。この例として、ケーブルやコンクリート柱や塗装した金属パイプなども同様の反射特性を持つ。

【0033】図2に示すように、認識対象物である円柱をOBとし、この円柱OBの中心軸をC、この円柱OBの半径を $r$ とする。そして、この中心軸Cに垂直な断面に沿った当該物体（円柱OB）からの反射光の照度分布（プロファイル）をとる。

【0034】乱反射の場合、物体の明るさは、物体表面の法線方向 $\theta$ と照明光の入射方向 $\tau$ の関係から、 $F \cos(\theta - \tau)$ となる。一方、円柱表面（円柱OBの表面）の座標は法線方向 $\theta$ を用いて、 $(\cos \theta, \sin \theta)$ で表現される。この2つから、円柱表面で反射される光は断面方向への距離 $x$ と投影された円柱OBの明度 $I$ の関係式として、円柱OBの半径 $r$ と照明光の入射方向 $\tau$ をパラメータとした次の二次式で表すことができる。すなわち、

【0035】

【数1】

た、この図では照明光が当たらない部分の明度は“0”になっているが、実際の環境では照明が壁などで反射した反射光によって照らされるので、このグラフの数値に更に背景の照度が加算される。

【0038】照明光の入射方向 $\tau$ は、照明と円柱の位置関係から計算することができるので、これから画像に投影された認識対象物の照度分布を推定することができる。このようにして推定した照度分布は、太陽光を受けた認識対象物近傍にある他の物体の、当該認識対象物に落とす影などの影響を排除した照度分布である。

【0039】そのため、従来技術で問題となっていた周囲の物体の影が認識対象物に映り込むことによって認識対象物の画像中に明度差が生じて認識対象物を明度分布により識別できなくなる問題を、用意した光源で照明光を当てたときに得た画像と、用意した光源で照明しないときに得た画像との差をとり、照度画像として得て利用

するようにしたことで解消できることになる。

【0040】図3の照度分布プロファイルはケーブルの場合のプロファイルであって、楕円であるが、これを単純化して、以下のようなモデルを作成する。円柱OBの中心軸方向をs、断面方向をtとして、このs、tの平面での座標系を考える。この場合、s、t座標系での円柱OBの座標(s、t)は、  
 $t = \pm r, s = \pm ds$

$$I(s, t) = \begin{cases} I_0 + \frac{F}{r} (\cos(r) t \pm \sin(r) \sqrt{r^2 - t^2}), a_0 < t < t_0 + r \\ I_0, -r < t < a_0 \end{cases} \quad \dots (3)$$

【0042】ただし、円柱断面方向の座標軸tのプラス方向を、必ず画像の上方向に設定する。照明光入射方向τは、カメラ制御部4から入力したカメラの位置と向き、位置予測部2から入力した認識対象物の予測位置、光源部12の位置から計算することができる。また、光源部12の位置と画像入力部11のカメラの位置が近接している場合には、照明光の入射方向τを90度と仮定することができる。

【0043】モデル作成部14は、この照度分布を表すモデル照度I(s、t)をモデル照合部15に出力する。照度画像生成部5は、画像入力部11と光源部12、照度画像推定部13から構成されるが、これらのうち、照度画像推定部13は画像入力部11から照明光を当てた場合と当てない場合、それぞれの画像を取り込んで、両画像の差分の画像を得る。この照度画像推定部13での処理は次のようなものである。

【0044】＜照度画像推定部13での処理の詳細＞照度画像推定部13は、まずはじめに、光源部12にオン信号(点灯信号)を送って照明を点灯させた後、画像入力部11に撮影タイミング信号を送って当該画像入力部11のTVカメラに撮像させ、照明を点灯した状態での認識対象物を撮影した画像I(x、y)をこの画像入力部11から取り込む。

【0045】次に、照度画像推定部13は光源部12にオフ信号(消灯信号)を送って照明を消灯させた後、画像入力部11に撮影タイミング信号を送って、当該画像入力部11のTVカメラに撮像させ、照明を点灯していない状態での認識対象物を撮影した画像I'(x、y)をこの画像入力部11から取り込む。

【0046】光源部12を点灯して認識対象物を照明光で照明した場合でのその認識対象物の画像と、光源部12を点灯していない状態でのその認識対象物の画像の撮影間隔は、認識対象物や背景の動きの影響を少なくするために、例えば、ビデオレートの連続したフレームを用いるなどし、できるだけ短くする。

【0047】次に、照度画像推定部13は、このようにして得られた画像の各画素について、照度変化を抽出す

る。範囲内(ここで、dsは円柱の直線性に合わせて、例えば、4r等の値を与える。認識対象物の剛性が大きいなどして、曲る可能性がある認識対象物を対象とする場合には変更する)とする。このとき、座標(s、t)の画素の照度I(s、t)を以下の式(3)で表すことにする。

【0041】

【数2】

る。つまり、照明を点灯したときに得た画像の画素と、照明を点灯しないときに得た画像における対応画素での明度の関係から、画像中で照明を点灯したことによって起きたカメラへの入射光量の変化だけによって起きた照度変化を抽出する。

【0048】画像の明度Iとその画素に入射する光量Lの関係 $L = f(I)$ を表す関数fは、予めカメラの特性値から求めておくことができる。ある座標(x、y)の画素の明度が照明点灯時にI(x、y)、消灯時にI'(x、y)とすると、この座標位置の画素についての照明による光の照度dLは、 $dL = f(I(x, y)) - f(I'(x, y))$ で表すことができる。

【0049】一般にCCD(固体撮像素子)カメラなどのTVカメラでは、照度Lと明度Iは図5に示した如きの関係にあって、一定の明度範囲内については広い範囲の照度を表すことができる特性を有している。そのため、CCD等カメラで撮影した明度Iと、入射した光量Lは正比例しない。従って、デジタル化した画像の明度Iから逆に光量Lを求める場合に、明度Iのデジタル化によって起きる光量Lの誤差範囲も一定ではない。

【0050】明度がIのときの、光量Lの誤差範囲ef(I)を、 $f(I + 0.5) - f(I)$ と $f(I) - f(I - 0.5)$ のうち、大きい方の値とする。また、照明による光の照度dLの誤差範囲eLは、ef(I(x、y))とef(I'(x、y))のうち、大きい方の値とする。

【0051】照度画像推定部13では、予め、照明点灯時の明度Iと消灯時の明度I'の関係から、照明の入射光量dLとこのdLの誤差範囲eLを求めることができるようにした図6に示す如きの照度算出表を用意して利用する。

【0052】このとき、 $I < I'$ の欄には“0”が入る。また、I、I'ともにデジタル化レベルの最高値(例えば、画像を8ビットでデジタル化した場合は“255”)をとる場合は、照明の入射光量の誤差範囲eLに、予め定めた大きな値を入れるようにする。

【0053】このような処理を経ることにより、ある座

標  $(x, y)$  の画素の明度が照明点灯時に  $I(x, y)$ 、消灯時に  $I'(x, y)$  である場合、座標  $(x, y)$  における画素の値が  $dL$  である画像つまり“照度画像”と、座標  $(x, y)$  における画素の値が  $eL$  である誤差画像つまり“照度誤差画像”とが得られる。

【0054】照度画像推定部13では、このような処理を経ることにより得られる“照度画像”と“照度誤差画像”の2つの画像を出力する。座標  $(x, y)$  における画素の値が  $dL$  である照度画像は、位置座標が既知の光源部12によってのみ、照明された認識対象物の画像である。また、光源部12が画像入力部11の近傍に配置されていることから、周囲の物体の影はカメラの光軸と同方向に投影される。このため、周囲の物体の影が認識対象物上に映り込むことはない。以上が、照度画像推定部13での処理の詳細である。

【0055】このようにして照度画像推定部13において、照度画像と照度誤差画像を得て、これをモデル照合部15に与える。モデル照合部15では、照度画像推定部13から照度画像と照度誤差画像を受けると、これらの画像とモデル作成部14で作成したモデルを画像と照

合する。そして、この照合により、認識対象物の位置を検出する。

【0056】モデル作成部14で作成したモデルは、位置予測部2から入力した認識対象物の位置姿勢パラメータの予測範囲内で作成したものであり、このモデルと画像とを照合することによって認識対象物の位置を検出する。

【0057】つまり、この照合によりある誤差の範囲内でモデルと一致すれば、そのときの認識対象物の位置姿勢パラメータが位置と姿勢を示したものであり、認識対象物の位置と姿勢を検出できることになる。

【0058】ここで、モデル照合について処理の詳細にふれておく。

<モデル照合の手順>モデル照合部15におけるモデル照合の手順を、図4に示すフローチャートに従って説明する。図2の例では認識対象物は円柱OBとした。従って、この円柱OBを認識できるようにするために、位置予測部2から位置パラメータを入力するが、それは次のようにする。

【0059】まず、認識対象物の位置姿勢の予測値として、例えば、“円柱OBの中心軸Cが通る範囲は、画像内においてその画像(画面内)の座標  $x, y$  を中心とした半径  $r$  の円内であり、また、円柱OBの幅は  $w \pm dw$  であり、中心軸Cの方向が  $d \pm e$  である”、という位置パラメータを位置予測部2から入力する(S201)。なお、 $dw, e$  は許容範囲、 $r$  は円柱OBの半径を示す。

【0060】次に、円柱OBの中心軸方向  $\theta$  を初期値から調べるようにするため、 $d - e$  とする(S202)。ここで  $d - e$  は、中心軸方向  $\theta$  の取り得る最小の側の限

界値である。

【0061】入力された予測位置の座標  $(x, y)$  を中心として  $\theta$  方向に軸  $s$ 、この軸  $s$  に対して垂直方向に軸  $t$  をとった座標系  $(s, t)$  座標系をとる。この  $s, t$  座標系における軸  $t$  上の座標値  $t_0$  を、 $t_0 = -r$  とする(S204)。

【0062】 $s, t$  座標系における座標  $(s, t)$  位置での画素の明度を  $I(s, t)$  として、 $t = t_0 \pm w/2$ 、 $s = \pm ds$  の座標範囲内で、モデル作成部14で作成した明度分布モデル  $I(s, t)$  と照度画像推定部13からの照明光画像のデータ  $dL(x, y)$  との照合をする。

【0063】つまり、モデル作成部14で作成した明度分布モデル  $I(s, t)$  は撮像して得た実画像から推定した照度画像である照明光画像と画面上での姿勢が必ずしも一致する訳ではないため、一致する姿勢を見出して照合ができるようにするために、 $s, t$  座標系における座標  $(s, t)$  位置でのとり得る範囲を  $t = t_0 \pm w/2$ 、 $s = \pm ds$  の座標範囲内とし、この座標範囲内で位置調整した明度分布モデル  $I(s, t)$  と照明光画像のデータ  $dL(x, y)$  との照合をする。そして、照明光画像のデータ  $dL(x, y)$  の個々の標準偏差を  $eL(x, y)$  として、モデルと照明光画像のデータの照合を最小自乗法により行い、モデルの推定パラメータである  $a_0$  (照明方向係数)、 $I_0$  (背景照度)、 $F$  (照明照度)と、推定残差  $\epsilon$  を求める(S205)。

【0064】ステップS205で得た推定残差  $\epsilon$  が、これまで計算して得たものの最小値  $\epsilon_0$  より小さければ、最小値を更新すべく、 $\epsilon_0$  に  $\epsilon$  を代入し、その時の推定パラメータ  $a_0, I_0, F$  とそのときの座標値  $t_0$ 、中心軸方向  $\theta$  とを記憶する(S206)。

【0065】 $s, t$  座標系における軸  $t$  上の座標値  $t_0$  が  $r$  になるまで、 $t_0$  に一定値  $dt$  を加えてステップS205の処理へ戻る(S207)。ステップS203からS207までの処理を  $\theta < d + e$  の間、一定角度  $d\theta$  ずつ増やしながらか処理する(S208)。

【0066】以上の処理を行った後、推定残差  $\epsilon$  の最小値  $\epsilon_0$  をとった時の  $t_0, \theta$  から、物体中心の位置  $(x_r, y_r)$  との向き  $\theta_r$  を求めて、推定パラメータとともに出力する(S209)。

【0067】以上が、本装置の作用の詳細であり、本装置においては、認識する対象物の画像を取り込む画像入力部の近傍に、光源部を配置し、前記認識対象物に光源部からの照明光を照射した画像とこの照明光を照射しない画像を得て、これら画像から、光源部による照明光以外の環境光の影響を除去し、位置が既知の照明光のみで照明され、認識対象物に映り込む影のない認識対象物の照度画像を推定して出力すると共に、照度画像の誤差成分を推定した画像である照度誤差画像を得てこれを出力する照度画像生成部を有し、更に別に用意した認識対象

物の照度分布モデルとこの推定した照度画像との照合を照度誤差画像の示す誤差範囲を考慮し、かつ、モデルの姿勢を所定の条件の範囲内で変えながら行うモデル照合部により行ってモデルと形状の合う画像部分を認識対象物として認識し、画像中におけるその認識対象物の位置や姿勢などを検知するようにしたことを特徴としている。

【0068】すなわち、本システムでは光源部12を持ち、この光源部からの照明光を照射した画像と、この照明光を照射しない画像を本システムでは用いるが、本システムが持つ光源部12による被写体に対する照明と、環境中にもともと存在する光源による被写体への照明とを比較して、光源部12による照明の照度が環境中の照明より十分強ければ、誤差範囲eLは小さくなることから、光源部12による照明の照度を十分に強くすれば、無照明の画像なしに照度画像のみでもモデルと画像照合を行うことができ、認識対象物の位置検知ができる。

【0069】しかし、屋外環境においては、太陽光による照明に較べて十分に強力な光源を用意するにはコストがかかり過ぎ、また、太陽光と同程度の強さの光源を使用した場合には画像の明度差から求めた照度の誤差が大きくなって認識対象物の位置を高精度に検出することができない。

【0070】つまり、光源部12として太陽光より遥かに強力な光源を用いるのは非現実的であり、太陽光と同程度の光源を用いた場合は照度誤差が大きいため照度画像だけでモデルと画像照合を行うには問題がある。

【0071】本発明では、照明を当てて撮影した画像と、無照明の画像とを得て、これより得られた画像における各画素の値が、認識対象物を撮影したカメラの撮像素子に入射する光の照度を表すような画像とした照度画像を生成するとともに、照度の推定誤差を表す照度誤差画像を生成し、認識対象物の照度分布モデルと前記照度画像、照度誤差画像を予測された誤差で重みづけして照合を行うことによって、強力な光源を使用せずにモデルと照度画像との照合を行い、認識対象物の位置や姿勢を高精度に検出することができるようにした。

【0072】とくに、屋外環境下において認識対象物を認識する場合に、当該認識対象物を照らす太陽が、上方にあることが多いため、周囲の物体の影が認識対象物に映り込むことによって認識対象物の画像中に明度差が生じて認識対象物を明度分布により識別できなくなる問題を、用意した光源で照明光を当てたときに得た画像と、用意した光源で照明しないときに得た画像との差をとり、照度画像として得て利用するようにしたので、このような太陽光による周囲の影などの影響を排除することができ、従って、屋外環境においても認識対象物の位置や姿勢を高精度に検出することができるようにした物体認識装置及び物体認識方法を提供することができる。

【0073】なお、本発明は上述した具体例に限定されることがなく、種々変形して実施可能である。例えば、上述した具体例では、撮像手段としてTVカメラを用いるようにしたが、デジタルカメラを含む電子スチルカメラなどを利用することができる。

#### 【0074】

【発明の効果】以上述べたように、本発明は照明を当てて撮影した画像と、無照明の画像とを得て、これより得られた画像における各画素の値が、認識対象物を撮影したカメラの撮像素子に入射する光の照度を表すような画像とした照度画像を用意するとともに、照度の推定誤差を表す照度誤差画像を用意し、認識対象物の照度分布モデルと前記照度画像、照度誤差画像を予測された誤差で重みづけして照合を行うことによって、強力な光源を使用せずに得た認識対象物を含む照度画像を照度分布モデルと照合することにより、認識対象物の位置や姿勢を高精度に検出することができるようにした。

【0075】とくに、屋外環境下において認識対象物を認識する場合に、当該認識対象物を照らす太陽が、上方にあることが多いため、周囲の物体の影が認識対象物に映り込むことによって認識対象物の画像中に明度差が生じて認識対象物を明度分布により識別できなくなる問題を解決して、屋外環境においても認識対象物の位置や姿勢を高精度に検出することができるようにした物体認識装置及び物体認識方法を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を説明するための図であって、本発明による物体認識装置の概略的な構成を示すブロック図。

【図2】本発明を説明するための図であって、本発明で用いるプロファイルと照明光の関係を説明するための図。

【図3】本発明を説明するための図であって、理想的なケーブルのプロファイルを示す図。

【図4】本発明を説明するための図であって、本発明システムにおけるモデル照合部での照合処理例を説明するためのフローチャート。

【図5】本発明を説明するための図であって、入射光量と画像明度の関係を説明するための図。

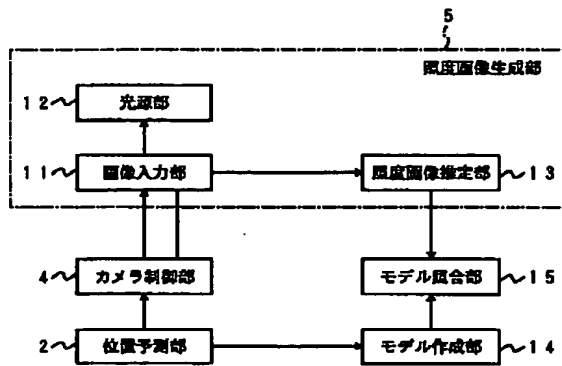
【図6】本発明を説明するための図であって、本発明で用いる照度の算出表の例を示す図。

#### 【符号の説明】

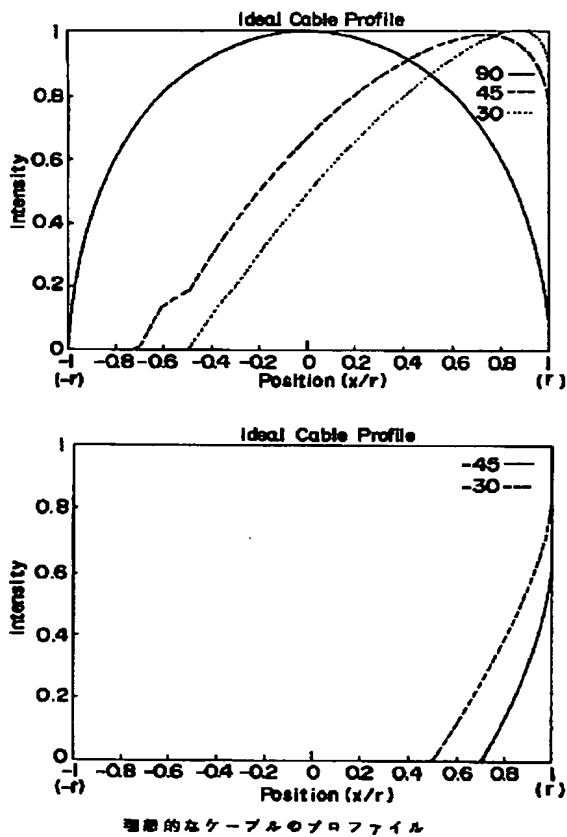
- 2…位置予測部
- 4…カメラ制御部
- 5…照度画像生成部
- 11…画像入力部
- 12…光源部
- 13…照度画像推定部
- 14…モデル作成部
- 15…モデル照合部。



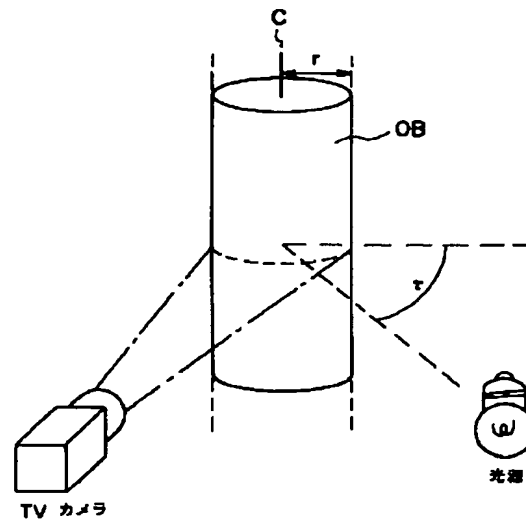
【図1】



【図3】

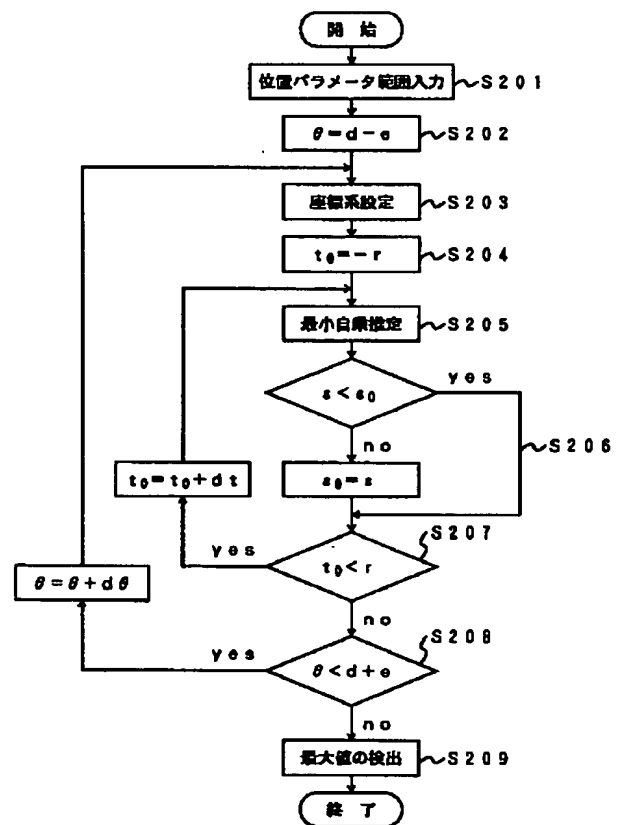


【図2】

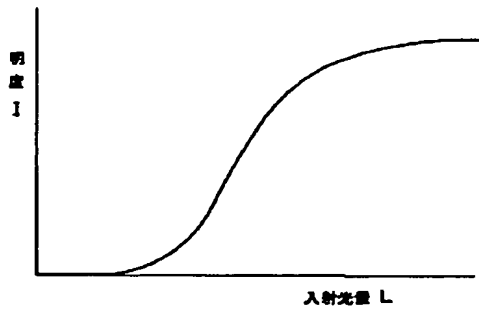


プロフィールと照明光の関係

【図4】



【図5】



入射光量と画像明度の関係

【図6】

dL							aL						
I \ I'	0	1	2	---	254	255	I \ I'	0	1	2	---	254	255
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0
1	1	0	0		0	0	1						
2	2	1					2						
⋮	⋮						⋮						
253	965	950				0	253	80					0
254	981	970			0	0	254	90					0
255	1000				200	0	255	100				200	8000

(a)

(b)

輝度の算出表

フロントページの続き

(72) 発明者 風間 久  
大阪府大阪市北区大淀中1丁目1番30号  
株式会社東芝関西支社内